

DESAIN KONFIGURASI PARALEL FILTER HYBRID UNTUK MEMINIMALIS UKURAN FILTER AKTIF

Moh. Dahlan¹

ABSTRACT

Conventional parallel hybrid active filter suffer from the problem of heavy current ratings of devices used in the inverter. In general, this problem has been solved by adjusting the turn ratio of a matching transformer. However, adjusting the transformer to a high turn ratio may not possible for high power systems due to their requirements for high voltage insulation. In this TA, a new configuration is proposed for a parallel hybrid active filter. In the proposed hybrid active filter, the active filter is connected to the passive filter inductor in parallel through a matching transformer with the aim of reducing the current rating of the converter. As a result, the fundamental component of the current owing through the passive filter is divided by the parallel paths of two inductors located at the inverter side and passive filter side, respectively. Hence, the current rating of the inverter can be reduced. Additionally, a harmonic elimination method is suggested for the proposed active filter. Through computer simulations, we have verified the effectiveness of the proposed topology.

Keyword : *filter passive, filter active hybrid*

I. PENDAHULUAN

Pada sistem tenaga listrik yang ideal energi disalurkan dalam frekuensi konstan yaitu 50 Hz pada tegangan yang konstan dan bentuk gelombang yang sinusoidal. Pada sistem tenaga listrik penggunaan beban-beban nonlinier dapat menimbulkan perubahan bentuk gelombang asli yang disebabkan oleh interaksi antara bentuk gelombang sinusoidal dengan gelombang lain. Hal ini disebut dengan harmonisa, yaitu komponen gelombang lain yang mempunyai frekuensi kelipatan integer dari komponen fundamental gelombang tersebut.

Harmonisa yang disebabkan oleh beban nonlinier seperti konverter, tanur busur listrik, motor-motor listrik, UPS (*Universal Power Supply*) dan lain-lain. Harmonisa ini dapat menimbulkan implikasi negatif berupa penurunan kualitas sistem tenaga listrik seperti terjadinya pemanasan pada peralatan, penurunan faktor daya, masalah resonansi dan lain-lain. Oleh karena itu tingkat distorsi harmonisa harus direduksi sekecil mungkin menggunakan filter harmonisa.

Jenis filter yang digunakan adalah filter pasif, karena harganya yang relatif murah dan efisien. Akan tetapi sebuah link filter pasif hanya dapat memfilter satu frekuensi harmonisa, sehingga dibutuhkan sejumlah n link filter pasif untuk meminimalis sejumlah n harmonisa.

¹ Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus

Alternatif lain untuk mereduksi harmonisa adalah penggunaan filter aktif (berupa Inverter) yang dapat terhubung seri atau paralel. Konfigurasi seri dari filter aktif tidak efisien jika digunakan pada suatu aplikasi yang memerlukan arus yang besar, sedangkan penggunaan konfigurasi paralel filter aktif “yang benar-benar murni” membutuhkan biaya yang mahal untuk konstruksi dan pengoperasiannya. Hasil regenerasi dari filter aktif adalah berupa filter aktif model hybrid. Filter tersebut merupakan gabungan dari filter aktif dan filter pasif yang dikontrol dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*).

Dua macam hybrid *Active Power Filters* (APF's) telah dikembangkan, suatu APF's seri dan suatu APF's paralel. Dan *Hybrid Parallel Active Filter* (HPAF) diusulkan untuk menekan harmonisa dengan terus meningkatkan impedansi sumber yang efektif dengan memilih komponen yang sesuai.

FILTER HARMONISA

Tujuan utama dari filter harmonisa adalah untuk mengurangi amplitudo satu frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa, maka penyebaran arus harmonisa keseluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem.

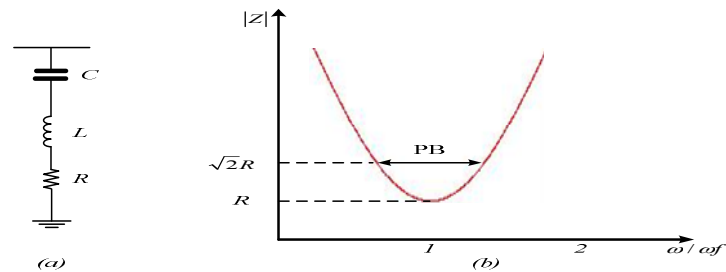
Filter pasif

Filter pasif dipasang pada sistem dengan tujuan utama untuk meredam harmonik dan tujuan lain yaitu untuk memperbaiki *power factor*, berupa komponen L , C yang dapat ditala untuk satu atau dua frekuensi. Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa (biasanya pada orde harmonisa rendah). Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, reaktor dan resistor (RLC). Impedansi dari rangkaian Gambar 4.1, dinyatakan dalam

$$Z(\omega) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (1)$$

Rangkaian filter ini mempunyai impedansi yang rendah pada frekuensi resonansinya. Sebuah shunt filter ditala pada sebuah frekuensi, jika pada frekuensi tersebut reaktansi induktif dan kapasitifnya sama dengan nol. Kualitas sebuah filter (Q) ditentukan dari ketajaman penalaannya. Filter dengan Q yang tinggi ditala secara tajam pada satu frekuensi harmonisa yang rendah (contoh ke-5) dan nilai yang umum diantara 30 dan 60. Filter dengan Q yang

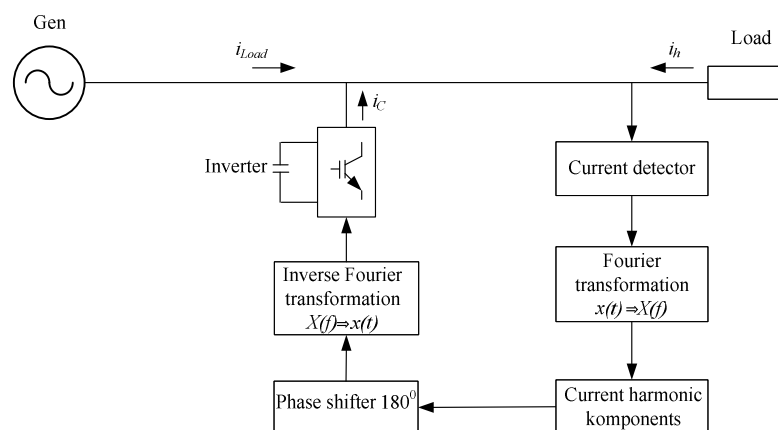
rendah biasanya dalam batas 0,5 sampai 5 memiliki impedansi yang rendah pada jangkauan frekuensi yang lebar. Faktor kualitas (Q)



Gambar 1, (a) Rangkaian filter penalaan tunggal,
(b) Grafik impedansi filter terhadap frekuensi.

Filter aktif

Filter aktif adalah filter harmonisa yang terdiri dari komponen-komponen aktif, seperti inverter yang dikontrol secara khusus dan secara aktif dapat mendeteksi komponen arus harmonisa di jaringan. Dengan cara sederhana yaitu menyuntikkan arus harmonisa yang fasanya dibuat berbeda 180° , sehingga saling menghilangkan. Filter aktif juga dapat mengkompensasi faktor daya atau fungsi yang lain. Berbeda dengan filter pasif yang hanya dapat memfilter satu harmonisa pada satu link filter pasif, filter aktif bisa mengkompensasi banyak harmonisa hanya dengan satu link filter aktif.



Gambar 2, Blok Diagram Cara Kerja Filter Aktif

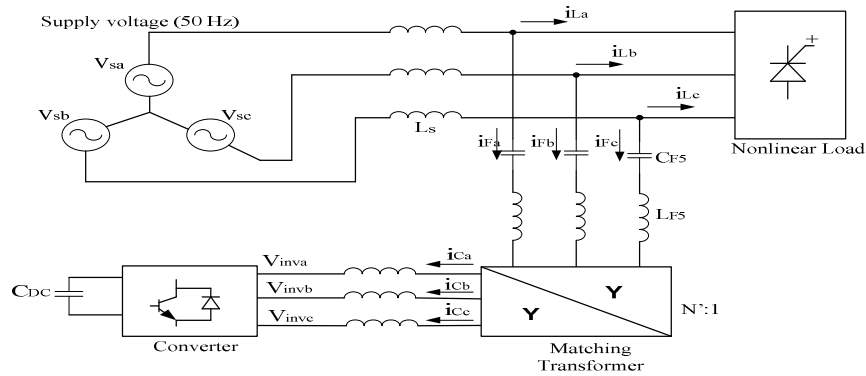
Pada blok diagram terlihat arus I_s yang merupakan arus yang disebabkan oleh beban (beban nonlinier), dengan menggunakan *current detector* arus ini dapat dideteksi dan menggunakan *fourier transformation* besar dari arus harmonisa diubah kadalam fungsi $X(f)$.

Kemudian arus harmonisa ini digeser sebesar 180^0 dan dengan menggunakan *inverse fourier transformation* besar dari arus diubah lagi kedalam fungsi $x(t)$ kemudian menggunakan inverter arus diinjeksikan ke dalam jaringan untuk meminimasi atau menghilangkan harmo-nisa pada sistem.

II. PARALEL FILTAR HYBRID

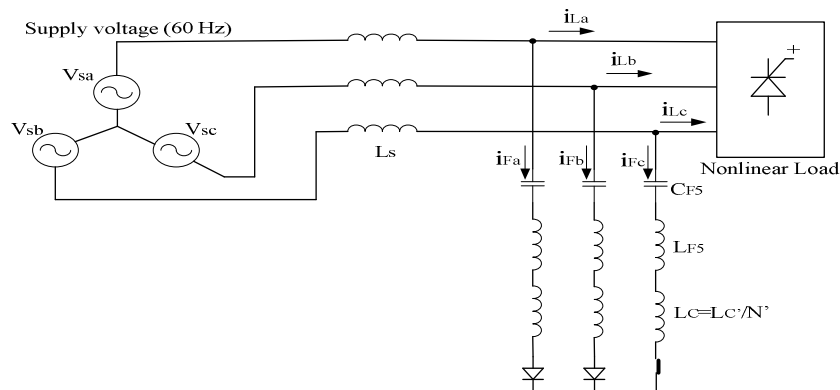
Filter aktif hybrid

Pada filter aktif hybrid konvensional, filter aktif terhubung dengan filter shunt pasif melalui sebuah transformator. Untuk konfigurasi filter seperti ini memerlukan suatu filter aktif yang kecil karena filter kapasitor menurunkan tegangan yang besar pada komponen fundamental.



Gambar 3, *hybrid filter aktif konvensional*

Pada Gambar 3, menunjukkan bentuk rangkaian dari filter aktif hybrid konvensional, filter aktif dihubungkan secara seri ke filter shunt pasif melalui suatu traformator. Hal ini menyebabkan arus beban yang besar, seluruhnya melewati sisi inverter (*filter aktif*) sehingga perlu suatu desain yang besar dari inverter untuk menahan arus beban yang lewat.



Gambar 4, *Rangkaian ekuivalen dari hybrid filteraktif konvensional*

Untuk menggambarkan rangkaian yang lebih sederhana maka diasumsikan nilai vektor nol pada gambar seperti ditunjukkan oleh rangkaian ekuivalen pada Gambar 4.

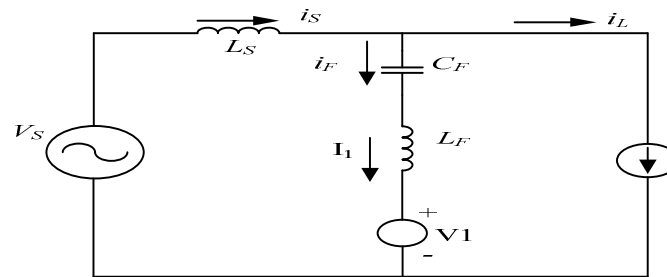
Gambar 5, menunjukkan rangkain pengganti satu fasa konfigurasi dari hybrid filter aktif konvensional untuk harmonisa dengan impedansi Z_S , Z_{FC} dan Z_{FL} menandakan impedansi sumber, impedansi kapasitor filter pasif dan inpedansi, induktor filter pasif. Inverter ditandai oleh tegangan sumber V_I dalam keadaan *steady state* diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$V_S = Z_S I_S + Z_{FC} I_{FC} + Z_{FL} I_F + V_1 \quad (2)$$

$$I_S = I_L + I_F \quad (3)$$

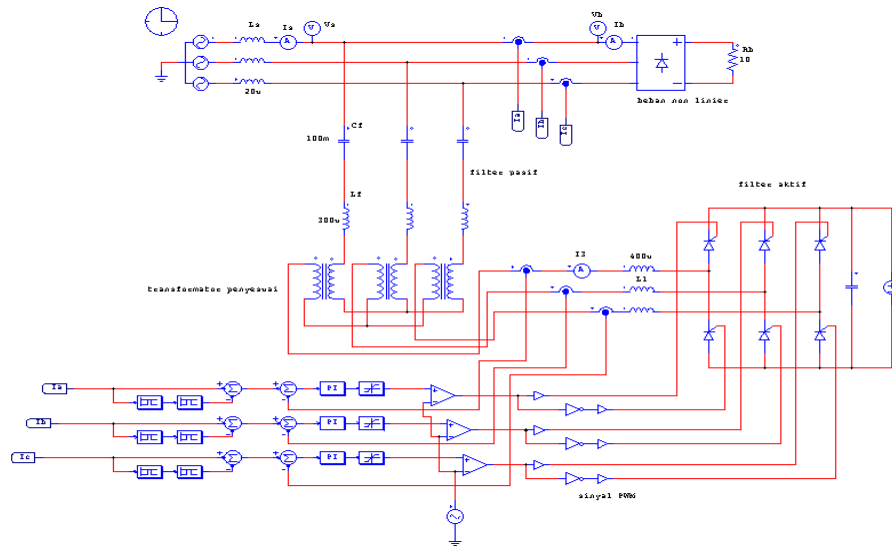
$$V_1 = V_S - (Z_S I_S - + Z_{FC} I_{FC}) \quad (4)$$

$$I_1 = I_F \quad (5)$$

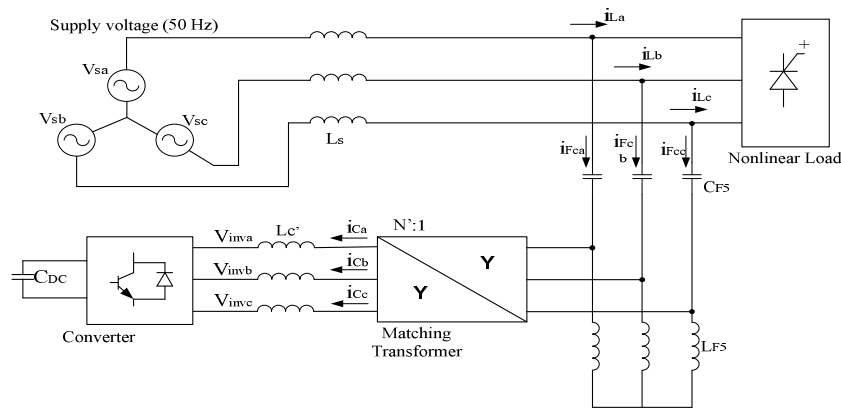


Gambar 5, Rangkaian Pengganti Satu Fasa Hybrid filter aktif konvensional

Gambar 6, memperlihatkan rangkain simulasi dari filter hybrid konvensional. Gambar 7, menunjukkan bentuk rangkaian konfigurasi yang diusulkan, yaitu *Hybrid Parallel Active Filter (HPAF)*, filter aktif dihubungkan kepada filter induktor secara paralel melaui sebuah tranformator. Ini dimaksudkan untuk mereduksi arus beban yang melewati sisi inverter (*filter aktif*) sehingga filter harmonisa dapat bekerja dengan baik dan lebih efisien dalam hal konstruksi matching tranformator dan desaian dari inverter.

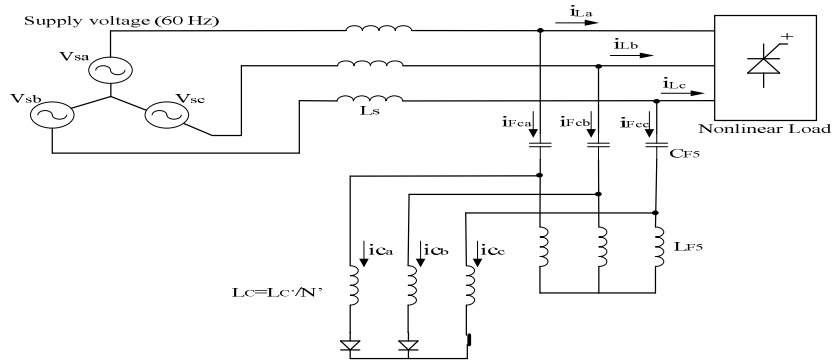


Gambar 6, Rangkain Simulasi Dari Filter Hybrid Konvensional.

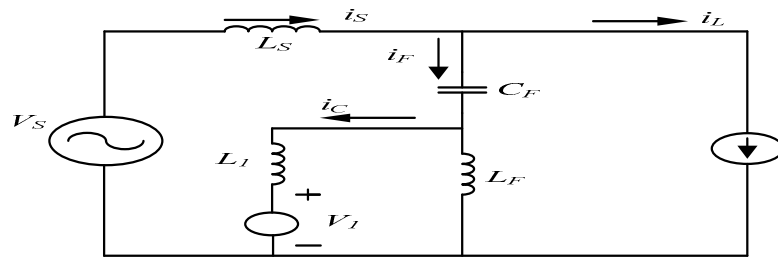


Gambar 7, Parallel Hybrid Active Filter (HPAF)

Untuk menggambarkan rangkaian yang lebih sederhana maka diasumsikan nilai vektor nol pada gambar seperti ditunjukkan oleh rangkaian ekuivalen pada Gambar 8. Gambar 9, menunjukkan rangkaian pengganti satu fasa dari konfigurasi HPAF untuk harmonisa dengan notasi impedansi, Z_S , Z_{FC} , Z_{FL} dan Z_I merupakan impedansi sumber, impedansi kapasitor filter pasif, impedansi induktor filter pasif dan impedansi induktor di inverter. Inverter ditandai oleh tegangan sumber V_I . Pemilihan arah arus ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8, Rangkaian ekuivalen dari Parallel Hybrid Active Filter (HPAF)



Gambar 9, Rangkaian Pengganti Satu Fasa Dari Konfigurasi HPAF

Menurut persamaan umum steady state diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$V_S = Z_S I_S + Z_{FC} I_F + Z_1 I_1 + V_1 \quad (6)$$

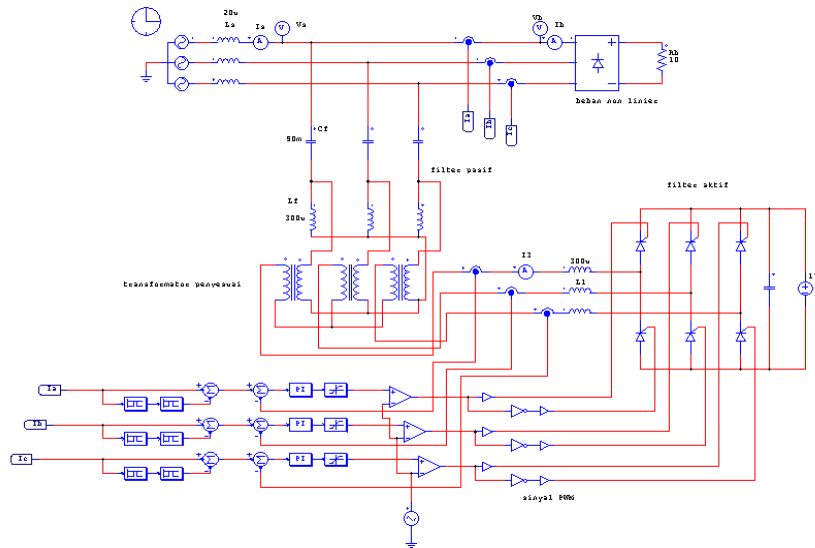
$$I_S = I_L + I_F \quad (7)$$

$$V_1 = -Z_1 I_1 + Z_{FL} (I_F - I_1) \quad (8)$$

Gambar 9, memperlihatkan rangkaian pengganti satu fasa HPAF diperoleh bahwa arus filter pasif mengalir pada induktor filter pasif dan filter aktif (inverter), sehingga arus filter aktif lebih kecil dari arus pada filter aktif hybrid konvensional.

$$I_1 < I_F \quad (9)$$

Pada Gambar 10, memperlihatkan rangkain simulasi dari paralel filter aktif hybrid.

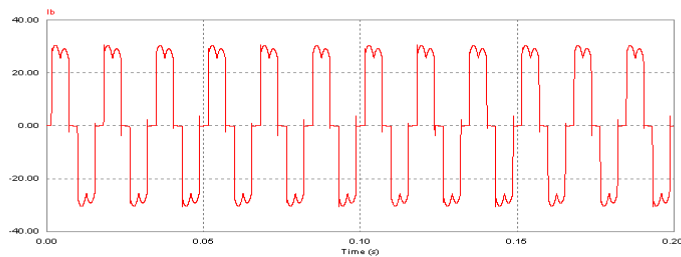


Gambar 10, Rangkain Simulasi Dari Paralel Filter Aktif Hybrid.

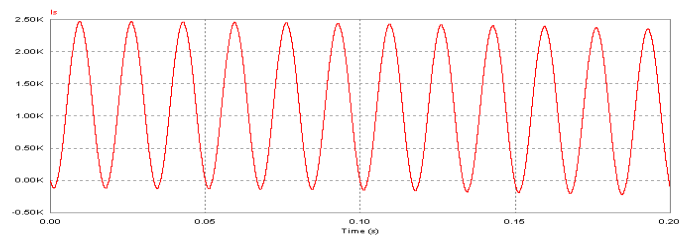
III. SIMULASI

Simulasi sistem dengan Filter Aktif Hybrid (FAH) pertama dan kedua telah dilakukan menggunakan software PSIM. Parameter dari rangkaian simulasi adalah sebagai berikut: tegangan sumber line 220 V, 50 Hz, kapasitor filter 1100uF, induktansi filter 297uH, induktansi sumber 20uH, induktansi inverter 300uH, beban R 10 Ω dan DC link 250 V, kapasitor 4500uF.

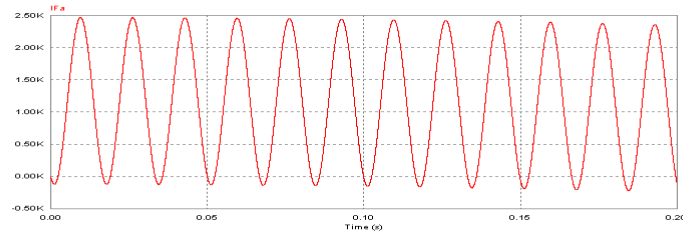
Hasil Simulasi



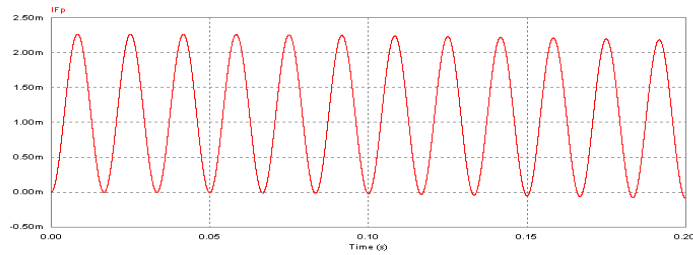
(a)



(b)

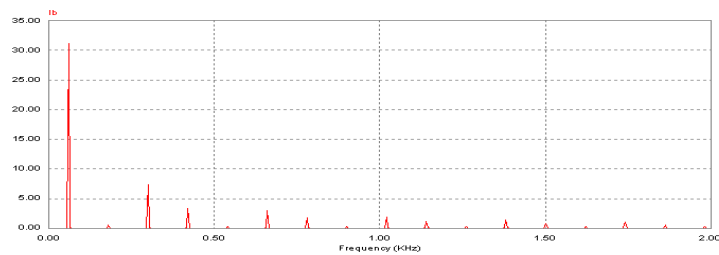


(c)

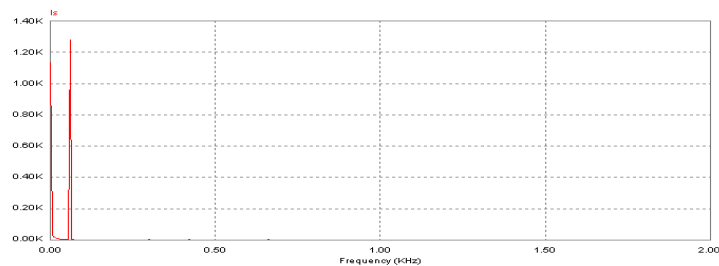


(d)

Gambar 11. (a) Arus beban non linier, (b) arus sumber, (c) arus filter aktif, (d) arus filter pasif



(a)



(b)

Gambar 12., (a) Spektrum harmonisa arus beban nonlinier, (b) arus sumber setelah dieliminasi

IV. KESIMPULAN

Topologi baru filter daya aktif hybrid paralel telah diusulkan. Dengan metode *Hybrid Perallel Active Filter (HPAF)* yang telah diusulkan, menunjukkan bahwa rating daya filter aktif tersebut bisa dikurangi tanpa mengganggu kemampuan kompensasi harmonisa.

Efektivitas *HPAF* yang diusulkan telah ditunjukkan oleh hasil penyelidikan analitis dan hasil simulasi dari percobaan yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Sukin Park, Jeong-hyoun Sung, Kwanghee Nam 2000. ***“New Hybrid Parallel Active Filter Configuration Minimizing Active Filter Size”***, IEEE proseding power Appl. Vol 147 No.2, Maret 2000, hal 93.
- Reni Rakhmawati, Ashari, Margo Pujiantara, ***“Filter Pasif Untuk Meredam Harmonik Ke-5 Dalam System Tenaga Listrik”***, Electric, Control, Communication & Information Seminar, Universitas Brawijaya Malang, 25-26 Mei 2004.
- Bambang Purwahyudi, Sutedjo, Hasti Afianti ***“Perbandingan Konfigurasi Filter Aktif Hybrid (FAH) “IES 2004 – Politeknik Elektro- nika Negeri Surabaya – ITS.***
- Aripriharta, Soeprapto, Moch. Dhofir, ***“Studi Perencanaan Filter Aktif Model Hibrid Untuk Mengeliminir Efek Harmonisa Pada Proses Penyearah Enam Pulsa Terkontrol Penuh”***, Electric, Control, Communication & Information Seminar, Universitas Brawijaya Malang, 25-26 Mei 2004.
- Darwin Rivas, et.al. 2002 ***“A Simple Control Schem for Hybrid Active Power Filter”***. IEEE proceeding Power Appl. Vol 147 No.4, juli, 2002, hal.93.